

福岡大学工学部 正員 大和竹史
山下一支

1. まえがき

苛酷な気象条件下におけるコンクリート構造物では、凍結融解作用による劣化が重要な問題となる。九州地方においても、冬期11月末より3月末にかけて、気温が氷点下になり凍結融解作用が生じる地域が存在するので、昭和44年秋より大分県下釜ダム地奥に各種コンクリートの供試体を放置し、その品質の経年変化がどの程度なのか測定してきた。さらに、実験室において戸外曝露用供試体と同じ配合のコンクリート供試体により、ASTM-C666に準ずる室内凍結融解試験を実施し、戸外曝露試験結果と室内試験結果との間に関係がけられるか検討した。

2. 試験概要

2.1 使用材料と配合設計

セメントはおもに、普通ポルトN(比重3.16)を使用し、その他に早強ポルトS(比重3.13)、フライアッシュセメントB種,F(比重2.73)、高炉セメントB種,K(比重3.03)を使用した。細骨材として、おもに福岡市志賀産の海砂(比重2.59,吸水率1.82%)を使用し、砕砂コンクリートには粕屋郡久山産の砕砂(比重2.71,1日吸水率1.21%)を使用した。粗骨材には角内石(比重2.95,吸水率0.97%)、造粒型人工軽骨NL(比重1.34,吸水率5.53%)、非造粒型人工軽骨SL(比重1.44,吸水率9.12%)、玄武岩BA(比重2.73,吸水率0.68%)、安山岩AN(比重2.78,吸水率0.43%)、石灰石LI(比重2.69,吸水率0.44%)、蛇紋岩SE(比重3.06,吸水率0.78%)の7種類を用いた。減水剤として、ポゾリスNo.5L,No.8を、エヤ調整剤^{として}EAを用い、AE剤としてAEP,AES,AET7およびAEDの4種を用いた。

戸外曝露試験と室内試験におけるコンクリートの配合は同じである。表-1にコンクリートの配合を示す。配合総数は52種で、8シリーズに大別される。シリーズIはセメントN,S,F,Kを使用したコンクリート、シリーズIIは粗骨材にBA,AN,LI,SEの4種を使用したアレーンコン

表-1 コンクリートの配合

クリートと減水剤使用のコンクリート(前者をBA,AN,後者をBAN,ANNとする。),シリーズIIIは各種減水剤・AE剤使用のコンクリート,シリーズIVはアレーンコンクリートとエヤが2から10%のAEコンクリート,シリーズVは粗骨材の最大寸法が20,40,80mm,水セメント比が45,53,62,70%のコンクリート,シリーズVIは使用時の人工軽骨NL,SLの吸水状態を絶乾(M0,SL0),1日吸水(NLS1,SL1),3日吸水(NLS3,SL3)の3通りの状態にわけて作製したコンクリート,シリーズVIIはセメント量の内訳として,フライアッシュ(比重2.10)を15,30,45%混入したコンクリート,シリーズVIIIでは建築用コンクリート(KN),PC用コンクリート(PS),舗装用コンクリート(PV),ダム用コンクリート(DM)に属するコンクリートならびに砕砂コンクリート(CR)の耐久性をそれぞれ検討するのが目的である。

シリーズ	区別	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セ メント 比	セメント 量(kg)	シリーズ	区別	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セ メント 比	セメント 量(kg)
I	N	5.5	4±1	46	350	V	2045	8.0	4±1	45	350
	S	9.3	"	46	"		2053	9.2	"	53	300
	F	6.8	"	43	"		2062	10.7	"	62	275
	K	7.5	"	45	"		2070	14.8	"	70	250
II	BA	8.2	4±1	45	340	VI	4045	8.3	"	45	340
	AN	8.8	"	"	"		4053	14.8	"	53	300
	LI	11.0	"	"	"		4062	14.6	"	62	270
	SE	8.1	"	"	"		4070	17.7	"	70	240
	BAN	7.4	1±0.5	49	"		8045	11.6	"	41	305
	ANN	10.4	"	"	"		8053	16.2	"	53	260
	LIN	12.0	"	"	"		8062	4.1	"	62	215
	SEN	8.0	"	"	"		8070	4.5	"	70	190
III	AES	7.0	4±1	49	350	VII	NL0	20.2	4±1	55	350
	AET7	7.2	"	47	"		NLS1	19.2	"	44	"
	AED	7.5	"	49	"		NLS3	9.3	"	"	"
	WRS	10.8	"	"	"		SLO	25.0	"	58	"
	WRT	4.3	"	"	"		SLS1	15.0	"	44	"
	WRM	8.7	"	"	"		SLS3	8.7	"	"	"
IV	A-0	8.3	0~1.0	53	350	VIII	FC15	6.8	2±0.5	45	350
	A-2	7.9	2±0.5	"	"		FC30	8.6	"	"	350
	A-3	12.5	3±1	"	"		FC45	6.5	"	"	275
	A-4	9.7	4±1	"	325	IX	KN	21.0	4±1	75	275
	A-6	13.5	6±1	"	"		PS	1.2	2±0.5	36	455
	A-8	14.8	8±1	"	300		CR	1.0	4±1	45	350
	A-10	14.6	10±1.5	"	"		PV	0	1±0.5	46.5	273
							DM	4.5	4±1	70	190

2.2 試験方法

室内試験はASTM-C666水中急凍凍結融解試験方法に準じて行なった。凍結最低温度は $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、融解最高温度は $18\pm 1^{\circ}\text{C}$ で、1サイクルは3時間である。供試体は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の内径で、試験材令は28日とし、それまで 20°C 水中にて養生した。測定項目は供試体の径、高さ、重量ならびに動弾性係数である。

戶外曝露試験では大分県下釜ガムの上流地帯とスラストブロッツ上の水槽中と大気中に、 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の供試体を設置した。設置時期は昭和46年11月末で、設置時のコンクリートの材令は約40日である。測定項目は供試体の径、高さ、動弾性係数で毎年春に測定を行なっている。設置箇所における日最高および最低気温は建設省九地建松原下釜ガム管理所の記録を参考にしている。

3. 試験結果

室内試験における $M=2004\text{N/mm}^2$ に対する耐久性指数(D.F)を表-2の右欄に示す。室内試験では空気泡を連行することと耐凍性確保上、重要であること、粗骨材の種類により耐久性が相違すること、さらに人工軽骨では飽和度が少ない方が耐久性が大であることなどが確認できた。

戶外曝露試験における動弾性係数百分率の変化を表-2に示す。この値は、材令28日まで水中養生し材令40日まで室内に保存した戶外曝露用供試体の動弾性係数を100として示したものである。供試体設置後、昭和52年春までに生じた凍結融解サイクル数は331回で、最低温度の平均は -2.3°C である。戶外曝露試験の結果は室内試験結果と相違する経過を述べており、3~

表-2 戶外曝露試験における動弾性係数百分率と耐久性指数

5年後まで、動弾性係数が上昇しているものもあり、空気連行の有利性や人工軽骨と普通骨材との相違は明かでない。戶外曝露状態の供試体の5ヶ年程度までの品質変化を予知するのに、室内試験結果を使用することは困難である。今後、戶外曝露試験の続行と室内試験方法の改善を図ってゆく予定である。

4. あとがき

戶外曝露試験場所の選定ならびに提供に御協力いただいた福岡大学、坂塚宏教授、建設省九地建下釜松原ガム管理所、ならびに測定に多大の労をおかけした福岡大学コンクリート研究室の皆様には謝意を表します。

参考文献

大和竹史：コンクリートの凍結融解作用に対する耐久性—室内促進試験と戶外曝露試験—、福岡大学工学集報11号、P45~57。

シリーズ	区別	E ₀ (材令40日) ($\times 10^4$)	戶外曝露における経年数										室内促進試験		
			水中(スラストブロッツ)					空中(スラストブロッツ)					上流地点		耐久性指数(%)
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	4	5	
I	N	5.07	98	106	106	92	95	97	96	97	90	93	101	99	87
	S	4.70	99	102	101	83	80	103	98	99	89	84	97	97	88
	F	4.53	98	108	110	83	81	102	98	112	107	99	99	99	86
II	K	5.13	97	104	103	103	99	98	74	99	93	95	100	99	82
	BA	4.43	109	111	107	96	94	104	95	97	92	69	99	99	90
	AN	4.73	104	93	100	96	96	123	94	102	93	98	100	101	91
III	LI	3.73	104	102	116	101	81	97	99	96	91	55	99	98	85
	SE	4.84	104	97	96	94	95	121	85	98	92	87	100	99	90
	AES	4.44											99	99	85
IV	AET7	4.01											99	99	89
	AET	4.40											99	99	87
	WRS	4.63											99	99	81
	WRT	4.66											99	99	87
	WRM	4.58											99	99	80
	WRP	—											—	—	83
V	A-0	5.08	97	100	97	86	87	99	78	94	89	85	99	99	38
	A-3	4.62	94	96	95	94	91	98	91	94	85	89	99	99	89
	A-4	4.64	97	95	96	91	90	92	60	92	85	79	98	99	88
	A-6	4.59	96	98	93	85	78	98	89	91	80	80	99	99	91
	A-10	3.89	98	95	111	94	111	99	94	111	90	107	99	99	92
VI	2045	4.78	97	103	108	107	103	96	89	93	89	91	99	100	86
	2053	4.63	100	102	102	99	98	100	95	97	87	71	99	104	86
	2062	4.47	100	103	101	100	98	100	92	98	91	86	99	99	84
	2070	4.00	101	101	108	104	104	100	—	114	102	108	99	99	82
VII	NLO	2.22	106	99	101	100	96	103	95	98	95	92	103	100	85
	NLS1	2.31	102	99	101	98	104	104	96	115	95	122	96	94	46
	NLS3	2.35	101	98	113	113	108	103	96	98	113	92	97	96	62
	SLO	2.27	102	99	101	101	101	105	93	104	98	93	100	98	76
	SLS1	2.52	102	100	100	100	99	109	99	127	126	125	96	95	17
VIII	SLS3	2.56	101	99	100	100	97	104	96	111	104	99	97	96	17
	FC0	—											—	—	89
	FC15	4.51											99	99	88
	FC30	4.45											99	99	88
	FC45	4.35											99	99	87
IX	KN	3.62											100	102	87
	PS	4.77											100	100	87
	PP	5.27											99	99	87
	CR	4.61											100	99	87